

Zárójelentés

Bevezetés

A Magyar Állami Földtani Intézet által végzett részletes földtani térképezés során a Vértes déli részének felső-triász földolomitjában sajátos forráskúpra emlékeztető formák hívták fel a figyelmet (Peregi & Korpás, 2002). E képződmények morfológiájára jellemző a dómszerű szerkezet. Felépítésében nem kis meglepetésre vörös, durvakristályos, és/vagy laminált, finomkristályos kalcit vesz részt. Felvetődött a kérdés, hogy ezek a vörös kalcitból álló formák hogyan keletkeztek, kapcsolódhat-e megjelenésük valamilyen tektonikai és/vagy magmás eseményhez?

A Dunántúli-középhegység területén – Sümegtől Tatabányán és Piliscsabán át Budaligetig – több helyről ismert durvakristályos vörös teléres kalcit. Gatter (1984) a sümegi előfordulás kalcitjainak vizsgálata alapján megállapította, hogy ezek a kalcit telérek kétfázisú vizes fluid zárványokat tartalmaznak és kiválási hőmérsékletük 135-155 °C közötti lehet. Demény et al. (1997) sümegi, tatabányai és piliscsabai vörös kalcit teléreken végzett stabilizotópos vizsgálatai szerint a telérek a késő-kréta lamprofir (és karbonatit) asszociációhoz (pl. Horváth et al., 1983, Horváth & Ódor, 1984, Kubovics et al., 1989, Szabó et al., 1993) kapcsolódhattak, és magmás eredetű termális, valamint meteorikus vizek keveredési övében alakultak ki. Korpás (2000) az így képződött teléreket önálló, késő-kréta termális karsztfázis termékeként értelmezte.

A szóban forgó képződmények a vizsgálat tárgyát képező dél-vértesi előforduláshoz hasonlóan triász karbonátokban jelennek meg és a mikrotermometriai és stabilizotóp geokémiai vizsgálatok alapján főleg magmás eredetű H₂O-CO₂ fluidumokból származnak (Gatter, 1984; Demény et al., 1997). Kézenfekvő az a feltételezés, hogy ugyanezek a magmás eredetű fluidumok egyes helyeken – így a Vértesben is – elérhették az aktuális felszínt és ott forráskúpokat képeztek. A Velencei-hegység, Budai-hegység és a Vértes által határolt területen megismert késő-kréta lamprofir (és karbonatit) asszociáció (pl. Horváth et al., 1983, Horváth & Ódor, 1984, Kubovics et al., 1989, Szabó et al., 1993) fejlődéstörténetében a magmás fluidumok szerepe, továbbá a lamprofiros olvadék és az üledékes mellékkőzet kölcsönhatása ismert (Szabó et al., 1993, Demény et al., 1997; Azbej et al., 2006). Így a dél-vértesi előfordulások ígéretes kutatási területnek mutatkoztak a magmás eredetű fluidumok a környező triász karbonátokra gyakorolt hatásának tanulmányozására.

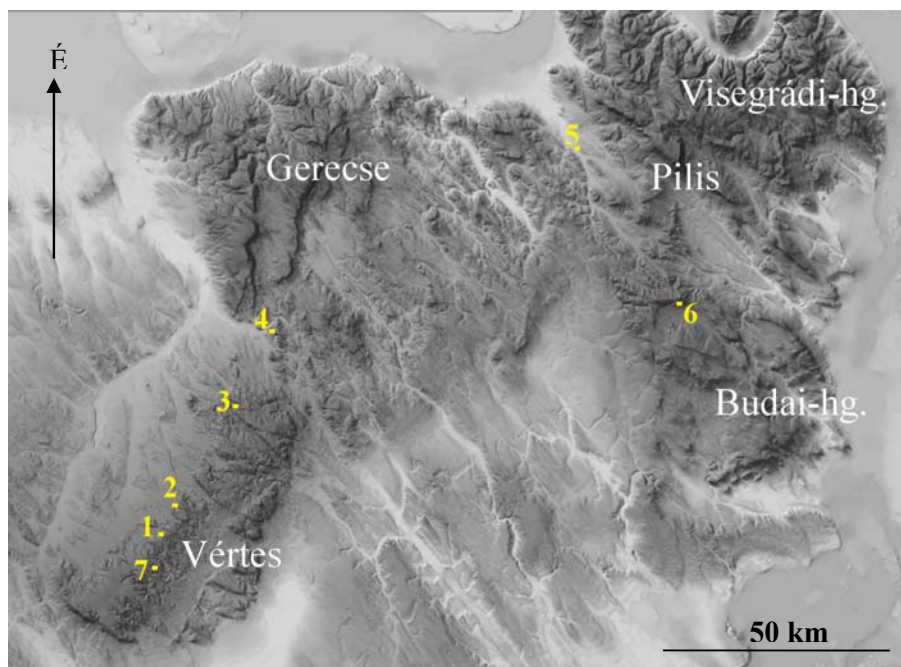
Pályázati munkánkban tehát elsősorban a dél-vértesi, eddig geokémiailag még nem tanulmányozott vörös kalcit előfordulás képződési feltételeit és genetikai hovatartozását kívántuk felderíteni, figyelembe véve a települési, szöveti, ásványtani és geokémiai vonatkozásait. A fenti témakörre vonatkozó eredményeinket már publikáltuk (Siklósy et al., 2006). Ezen kívül összehasonlító vizsgálat alá kívántuk vetni a már korábban ismert vértesi és budai-hegységi kalcit telér előfordulások reprezentatív mintáit is. Az eredmények publikálására még nem került sor, így a zárójelentésben erre a részre koncentráltunk.

Mintagyűjtés

A vörös és rózsaszínű, valamint fehér kalcit erekből, telérekből, és kalcit kibukkanásokból származó minták a Dunántúli-középhegységből származnak. A dél-vértesi édesvízi forráskúp (Köves-völgy) mellett két aktív kőfejtőből történt gyűjtés, illetve néhány további kibukkanást mintáztunk meg.

Így a Pilisjászfalu határában található Kis Somló-hegy - Márkakő Kft. tulajdonában lévő - kőfejtőjében és a Keselő-hegy nyugati oldalán, az egykori Tatabányai Cement- és Mészművek, ma a Lasselsberger cég többszintes kőbányájában történt mintagyűjtés, valamint

az alábbiakban felsorolt kibukkanási helyekről származó minták vizsgálatára került sor: Köves-völgy, Mindszentpuszta, Csáki-vár, Vitányvár és Nagykovácsi (1. ábra).



1. ábra. Dunántúli-középhegység ÉK-i részén vizsgált vörös és fehér kalcit telérek lelőhelyei.

1 – Mindszentpuszta, 2 – Csáki-vár, 3 – Vitányvár, 4 – Tatabánya, Keselőhegy, 5 – Pilisjászfalu, 6 – Nagykovácsi, 7 – Köves-völgy

A pályázati munkánk első fázisában a *Köves-völgyben*, a Vértes déli részén található világosbarna és vörösbarna karbonát laminákból álló forráskúp részletes megmintázására és vizsgálatára került sor, valamint ennek közlében 6 törmelékes vörös kalcit előfordulásból történt mintagyűjtés. A kapott adatokat és vizsgálati eredményeket a Siklósy et al., (2006) cikkben összesítettük. Az alábbiakban ismertetett lelőhelyek vizsgálati eredményeit a közeljövőben tervezzük publikálni.

A *pilisjászfalui* kőbányában található vörös és fehér kalcittelérek részben a felső-triász Dachsteini mészkőben, részben a mészőre jelentős üledékhézaggal települő oligocén Hárshegyi Homokkőben jelennek meg többfázisú tektonikai zónán belül (Kercsmár 2005). Azonban a vörös kalcit telérek csak a felső-triász Dachsteini mészkőben jelennek meg, ahol vastagságuk az 1,5 - 2 m-t is elérheti és a radiálisan növekvő kristályaik következtében sajátos szöveti bélyegeik már a terepen is jól megfigyelhetők. Koruk homokkőben található vörös kalcit-törmelék alapján (2. ábra) biztosan preoligocén, valószínűleg késő-krétára tehető (Kercsmár 2005).

A *Tatabánya* melletti Keselő-hegy kőbányájában található vörös kalcit telérek jó feltártságú viszonyok között találhatók. A telérek vastagsága 5 cm-től 2 m-ig terjed. Az legidősebb vörös kalcit teléreket létrehozó repedések a későbbiek során több esetben újból felnyíltak, amit a telérek közepén, vagy az eredeti hasadék és a vörös kalcit telérek falán megjelenő – a vörös kalcitnál fiatalabb – fehér kalcit repedés kitöltések (telérek) egyértelműen mutatnak (3. ábra).

A befogadó kőzet felső-triász Dachsteini Mészke. Az eocén bázisképződmények alsó néhány méterében, a mésziszapban úszva is előfordulnak - a kalciterek lefejeződésével keletkezett - vörös kalcit törmelékek, ami a vörös kalcit preeocén korát mutatja (Kercsmár, 2004). A szerkezetföldtani vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a keselő-hegyi vörös kalcit telérek létrejötte a késő-kréta feszültségtér által létrehozott kompresziós szerkezetekhez kötődik, tehát feltehető, hogy a telérek kora késő-krétára tehető (Kercsmár 2004).



2. ábra. Pilisjászfalu, vörös kalcit törmelék felső-triász Dachsteini mészkövet fedő oligocén homokkőben



3. ábra. Tatabánya, Keselő-hegy, vörös kalcit telérek utólagos felnyílásában fehér kalcit kitöltések láthatók.

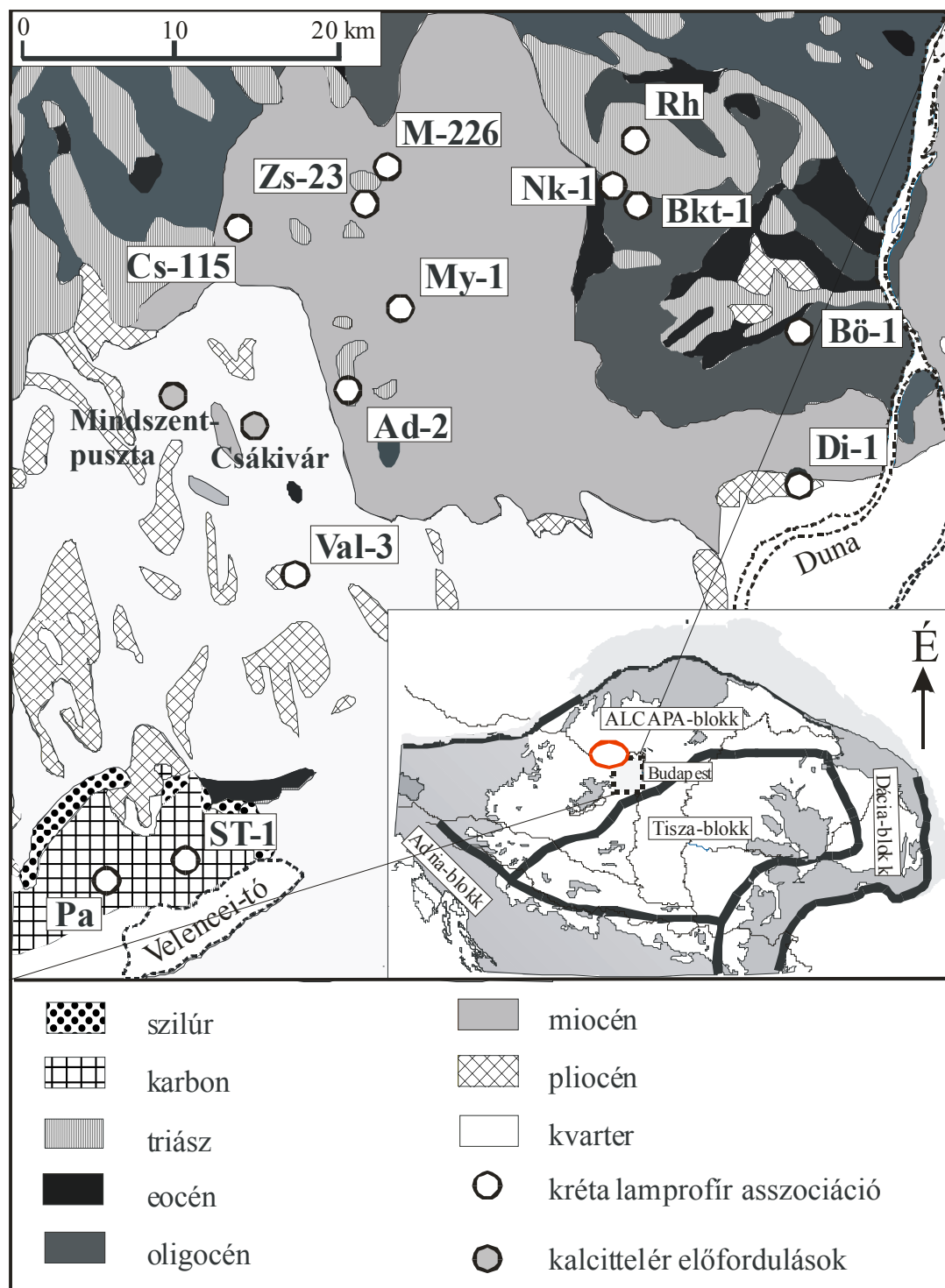
A *Mindszentpusztai* lelőhely a Vértesben, Oroszlánytól 9 km-re délre a Hajszaabarna északi oldalában, Mindszentpuszta déli felén nyíló NyÉNy-KDK irányú völgy középső részén található, ahol törmelékben bukkannak elő vörösbarnás-barnászvörös kalcitból álló kőzetdarabok. Mivel a kalcitdarabok kőzettörmelékként jelennek meg, azok telér, vagy forráskúp eredetére közvetlen adatok nincsenek. A kalcitok tartozhatnak egy nagyobb méretű telérhez, de lehetnek kisebb repedéskitöltések is. A vörös kalcit előfordulások földtani környezete középső-triász Földolomit és Dachsteini Mészke átmeneti tagozata és a középső-eocén Szőci Mészke.

A *csáki-vári* mintavételi hely szintén a Vértesben található, Mindszentpusztától 3 km-re északnyugatra lévő Csáki-vártól északra fekvő völgyfőben, ahol a felszínre kibukkanó kalcit fehér, sárgásfehér, megjelenése alapján telérnek tekinthető.

A *vitányvári* minták ugyancsak a Vértesből, Vértessomlótól keletre a Vitányvár közvetlen környezetéből származnak, ahol törmelékes megjelenésű vörös, rózsaszín és fehér színű kalcit kibukkanások megmintázása történt.

A *Nagykovácsi* -medence északi peremén, a Nagyszénás déli oldalán a középső-triász Budaörsi Dolomitban kibukkanó kalcit telérek fehér, sárgásfehér színűek, amelyek mintázására és vizsgálatára szintén sor került a pályázat keretében.

A megmintázott kalcit előfordulások és a késő-kréta lamprofir (és karbonatit) asszociáció elterjedésének térbeli kapcsolatát a terület vázlatos földtani térképe mutatja (4. ábra).



4. ábra. A magyarországi kréta lamprofirok (Szabó et al., 1993; Azbej et al., 2006) és kalcittelérek elterjedése a Dunántúli Középhegységi Egység területén. A piros kör a tatabányai, nagykovácsi és pilisjászfalui lelőhelyeket mutatja.

A terepi dokumentáció során – ahol erre mód nyílt – rögzítettük a telérek dőlés és csapás értékeit, valamint a befogadó üledékes mellékkőzet jelentősebb szerkezeti elemeinek adatait. A tatabányai Keselő-hegy esetén a szerkezeti elemeket feltüntető részletes térkép is készült. A Pilisjászfalu határában lévő Kis Somlyó-hegy kőfejtőjének mintavételi helyeiről szintén nagyobb és kisebb léptékű terepi felvételek adnak útbaigazítást.

Az köves-völgyi vöröskalcit-törmelék előfordulások és az igen részletesen felmért és dokumentált köves-völgyi forráskúp szisztematikus megmintázása nyomán több mint 50 közetmintát vizsgáltunk meg. A további lelőhelyekről (kis somló-hegyi kőbánya Pilisjászfalu mellett, a keselő-hegyi kőbánya Tatabánya mellett, valamint Mindszentpuszta, Vitányvár, Csáki-vár és Nagykovácsi kibukkanásai) több mint 30 mintát gyűjtöttünk, illetve vizsgáltunk. A begyűjtött mintákból zömében 5x5 cm-es méretű, 70-150 µm vastag, mindkét oldalán polírozott vékonycsiszolat készült, amelyek így alkalmasak voltak fénymikroszkópos és SEM+EDX vizsgálatokra, valamint ugyanezekből a mintarészletekből történt a fluidumzárványok leírása és mikrotermometriai, továbbá LA-ICP-MS elemzése is. A stabilizotóp mérésekhez a vizsgálandó anyagot a vékonycsiszolat mintavételi helyének tükörképi oldalán választottuk ki.

Petrográfiai vizsgálatok

Részletes petrográfiai vizsgálatokat 28 mintán végeztük el, amelyek nagy része a pilisjászfalui (K1-14 jelű minták), kisebb része tatabányai (K16-19, K25-27 jelű minták), nagykovácsi (K15, K18, K22, K28 jelű minták), mindszentpusztai lelőhelyről (K21, K23-24 jelű minták) és csáki-vári (K20 jelű minta) lelőhelyről származik. A vékonycsiszolatok nagy többsége egyaránt tartalmaz vörös és fehér színű karbonátot (5a. ábra). A karbonátásványok nyúlt, oszlopos, tűs és rostos megjelenésűek (5b. ábra), azonban előfordulnak izometrikus kristályok és metszetek is. A karbonátásványok mérete tág határok között, néhány mikrontól több cm-ig változik, esetenként az egyes mintákon belül is jelentősen eltérő lehet (5b-c. ábra). Néhány csiszolatban megfigyelhető az elsődleges szöveti elemek átkristályosodása, amely a korábban keletkezett karbonát kristályokon továbbnövekedésként figyelhető meg. Mindemellett a karbonát ásványokon gyakran megfigyelhetők visszaoldódási nyomok. Ezek a felületek rendszerint egymással párhuzamosan mutatkoznak és gyakoriságuk változó (5c. ábra). Szinte minden csiszolatban megfigyelhető a 100-1000 mikron széles, utólagos karbonátterek hálózata, amely a korábban kristályosodott kalcit telérek ásványait törik át (5d. ábra).

Az összes mintára jellemző, hogy különböző opakásványokat tartalmaz. Ezek a beágyazások kristályzárványként szemcsehatáron dúsulva, vagy egyes zónákhoz kötődve illetve gócokban is előfordulnak (1. táblázat).

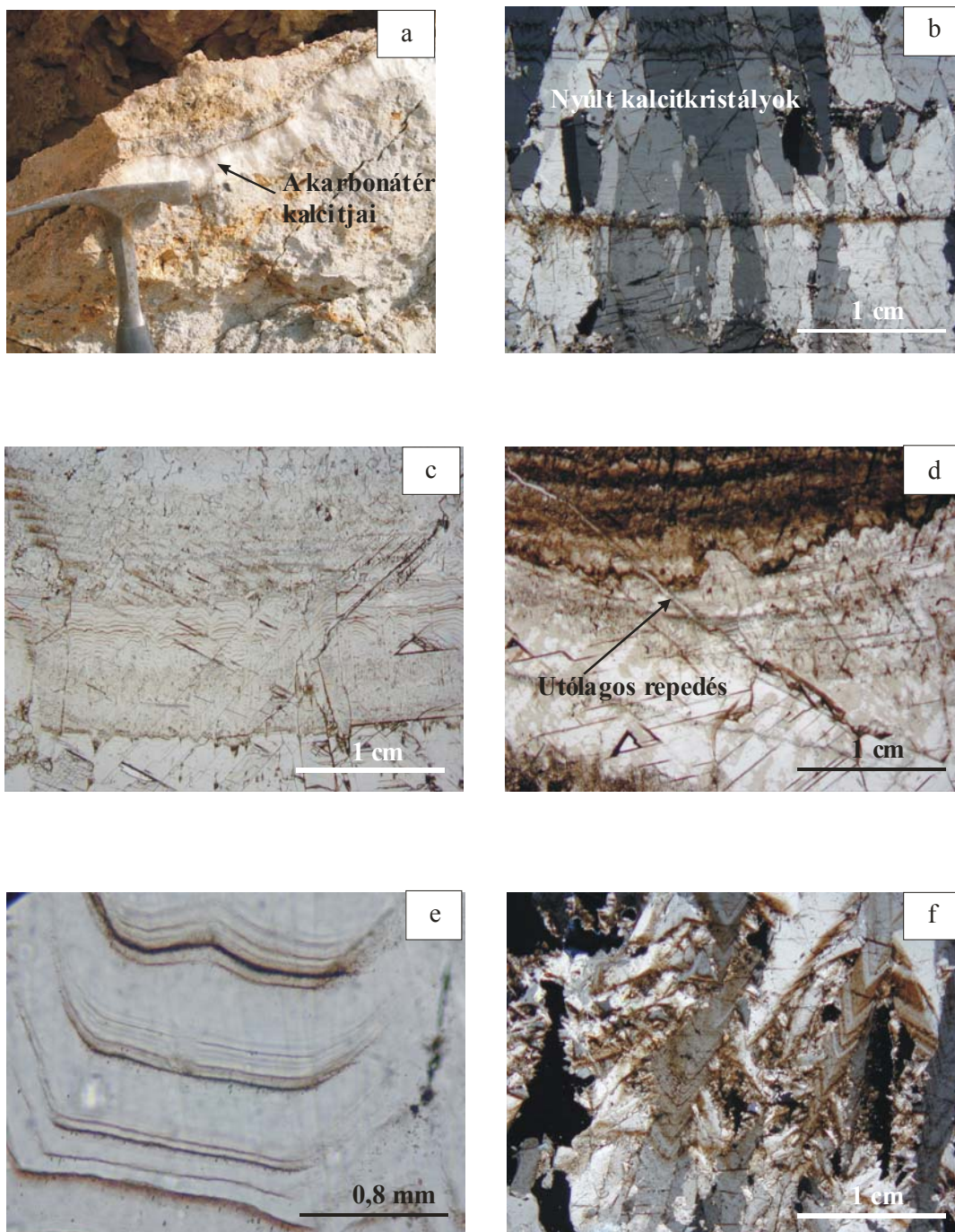
A kalcitkristályok sok esetben feltűnő zónásságot mutatnak (5e-f. ábra), amelyet gyakran fluidumzárványok jelölnek ki (5f. ábra és 1. táblázat). Feltűnő, hogy másodlagos ránövés és az utólagos vékony erekben előforduló karbonátásványok fluidumzárványt nem tartalmaznak.

1. táblázat. A vizsgált pilisjászfalu (K1-K14), tatabányai (K16, K17, K25-K27), nagykovácsi (K15, K18, K22, K28), illetve Mindszentpusztai (K20, K21, K23, K24) minták lényeges petrográfiai jellemzőinek összefoglaló táblázata.

Csiszolat	Lelőhely	Fluidum-zárványosság	Fázis		Fluidum zárvány			
			Opak	Egyéb akcesszóriák	Elsődleges		Másodlagos	
					Egyfázisú	Többfázisú	Egyfázisú	Többfázisú
K1	Pilisjászfalu	Van	magnetit?		x	x	x	x
K2	Pilisjászfalu	Van						
K3	Pilisjászfalu	Van	Fe-(Ni)-szulfid, Fe(Ni)-oxid	Ti-oxid, csillám, apatit, dolomit,	x	x	x	-
K4	Pilisjászfalu	Van	Fe-oxid, Fe-(Ni)-oxid, Fe-szulfid(pirit), Fe-(Ni)-szulfid Fe-oxid(pirit utáni pszeudomorfóza), Fe(Ni,V,Cr)-oxid, Fe(Ni,Cu,Zn)-oxid, bontott Fe(Ni)-szulfid, Fe-Ni(Cr)-oxid, Fe-Ni-oxid	Al-szilikát, csillám,	x	x	x	-
K5	Pilisjászfalu	Van		Ti-oxid (rutil?), kvarc, xenotim, cirkon	x	-	-	-
K6								
a	Pilisjászfalu	Van	Fe-szulfid(pirit), Fe-(Ni)-szulfid, Fe-Cu-szulfid, Fe-Ti-oxid(ilmenit), Fe-oxid, Mn-Fe-Ni-Cu-oxid	Ti-oxid (rutil?), apatit	x	x	x	-
b	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-
c	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-
K7	Pilisjászfalu	Van		barit	-	x	x	-
K8	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-
K9	Pilisjászfalu	Van	Fe-(Ni)-szulfid, Zn-szulfid(szfalerit), Fe(Ni)-oxid	apatit	x	x	x	-
K10	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-

1. táblázat folytatás

Csiszolat	Lelőhely	Zárványosság	Fázis		Fluidum zárvány			
			Opak	Egyéb akcesszóriák	Elsődleges		Másodlagos	
					Egyfázisú	Többfázisú	Egyfázisú	Többfázisú
K11	Pilisjászfalu	Van			x	-	x	-
K12	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-
K13	Pilisjászfalu	Van	Fe-oxid, Fe(Ni,Cu)-oxid, Fe-szulfid, Fe-Ni-szulfid	apatit, dolomit, Ti-oxid (rutil?), Al-szilikát, csillám,	x	x	x	-
K14	Pilisjászfalu	Van			x	x	x	-
K15	Nagykovácsi	Van			x	x	x	-
K16	Tatabánya-Keselőhegy	Van			x	x	x	-
K17	Tatabánya-Keselőhegy	Van	Fe-szulfid, Fe-oxid, Fe-Mn-oxid	Ti-oxid (rutil?)	x	x	x	-
K18	Tatabánya-Keselőhegy	Van			x	x	-	-
K20	Csákvár	Van			x	x	x	-
K21	Mindszentpuszta	Van			x	-	x	-
K22	Nagykovácsi	Van	Fe-oxid	dolomit, apatit REE-foszfát (monacit), dolomit, Al-szilikát, apatit, cirkon, Ti-oxid (rutil?)	x	x	x	-
K23	Mindszentpuszta	Van	Fe-oxid, Fe-szulfid, Fe(Ni)-szulfid		x	x	x	-
K24	Mindszentpuszta	Van			x	x	x	-
K25	Tatabánya-Keselőhegy	Van			-	-	x	-
K26	Tatabánya-Keselőhegy	Van			-	x	x	-
K27	Tatabánya-Keselőhegy	Van	Fe-oxid, Fe-Ni-oxid, Cr-spinell, Fe-szulfid(pirit) reliktumok	monacit, cirkon, Ti-oxid (rutil?)	x	x	x	-
K28	Nagykovácsi	Van			x	-	-	-



5. ábra. a - pilisjászfalú fehérkalcitér; b - pilisjászfalú kalcitér nyúlt kristályai (K13, +N); c - visszaoldódási nyomok a tatabányai karbonátér kalcitjában (K17, 1N); d - a mindszentpusztai karbonátér kalcitjait harántoló utólagos repedés (K24, 1N); e és f - zónásság a tatabányai kalcitér karbonát-kristályaiban (1N, +N).

Fluidumzárvány vizsgálatok

A fluidumzárványok petrográfiai megfigyelését, leírását, csoportosítását és azonosítását Roedder (1984), valamint Kerkhof és Hein (2001) munkája alapján végeztük el egy USGS típusú fűthető és hűthető tárgyasztalon, ami egy polarizációs mikroszkópra van szerelve. Ezek szerint a fluidumzárvány tartalmazó mintákban a fluidumzárvány generációk az elsődleges és

másodlagos petrográfiai jellegük alapján elkülöníthetők (1. táblázat). Laboratóriumi hőmérsékleten a kétfázisú fluidumzárványban egy (nagyobb moláris térfogatú, cm^3/mol) gázban gazdag fázis és egy másik (kisebb moláris térfogatú), folyadékban gazdag fázis egyszerre van jelen. A primer, kétfázisú fluidumzárványok habitusa és alakja igen hasonló egymáshoz (6a-f. ábra), legtöbbször a negatív kristály alak a jellemző (6a-b. ábra). Bár az egyes fluidumzárványok vetülete alapján nem állapítható meg pontosan a valódi fázisarány, általánosságban annyi leszögezhető, hogy e zárványokban a laboratóriumi hőmérsékleten nagyobb sűrűségű folyadékban gazdag fázis jóval nagyobb részarányban mutatkozik, mint a laboratóriumi hőmérsékleten kisebb sűrűségű gázban gazdag fázis (2. és 3. táblázat, 6a-f. ábra).

2. táblázat. A pilisjászfalú minták kalcitjaiban lévő primer, kétfázisú fluidumzárványok homogenizációs hőmérséklet (T_{hom}) értékei ($^{\circ}\text{C}$).

Mintaszám		Becsült fázisarány (gáz/folyadék) **	T_{hom}
K3	1	1/10	99.2
	2	1/5	103.2
	3	1/25	158.2
	4	1/8	126.2
	5	1/15	155.2
	6	1/25	154.2
	7	1/12	133.2
	8	1/10	168.2
	9	1/8	154.2
	10	1/6	175.2
	11	1/15	147.2
	12	1/4	147.2
	13	1/8	178.2
	14	1/6	154.2
K2	1	1/20	175.2
	2	1/40	166.2
	3	1/5	168.2
	4	1/14	172.2
	5	1/10	171.2

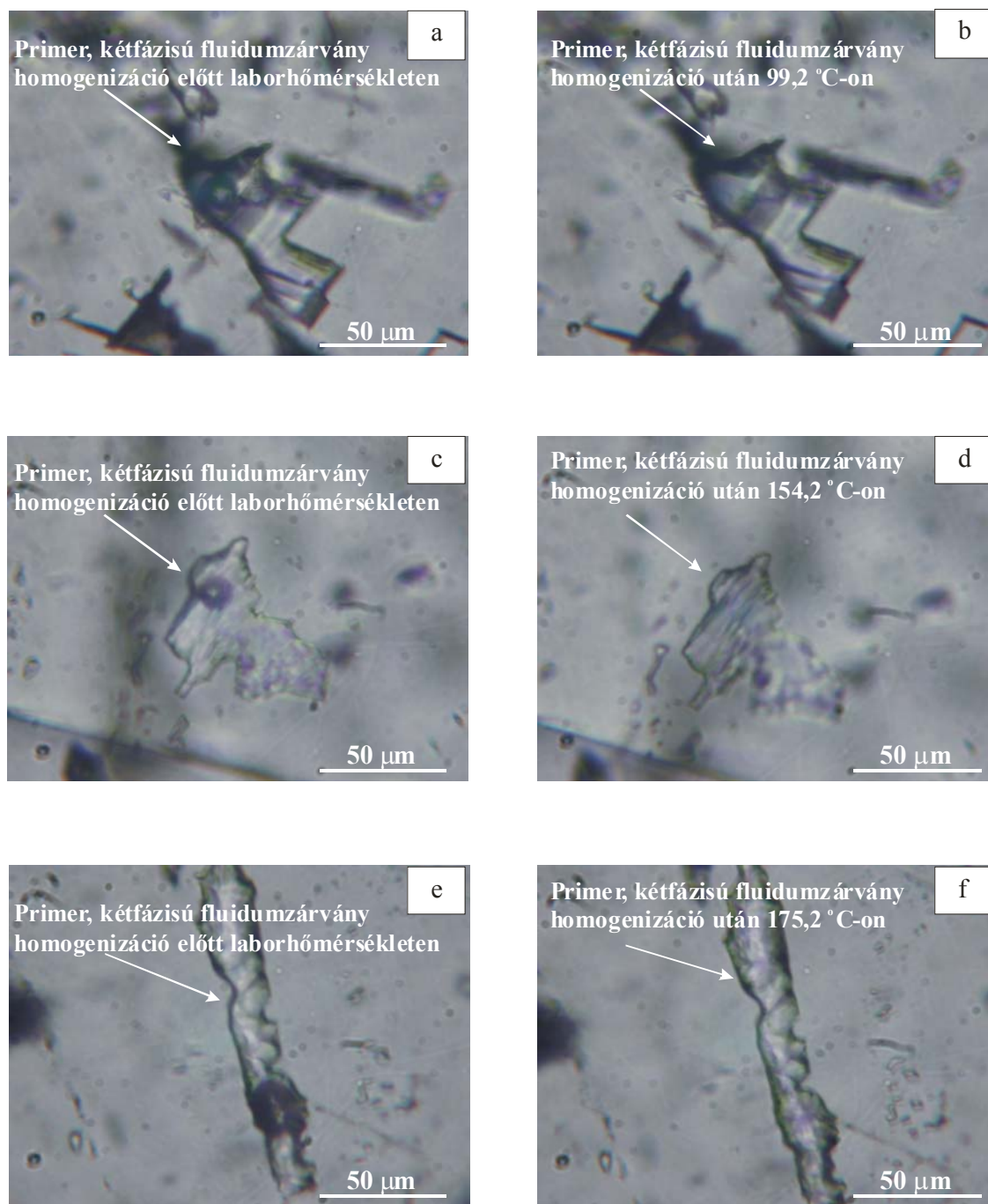
3. táblázat. A pilisjászfalú minták kalcitjaiban lévő primer, kétfázisú fluidumzárványok eutektikus ($T_{\text{eut.}}$) és utolsó jégolvadási ($T_{\text{olv.}}$) hőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$), valamint szalinitása (wt%).

Mintaszám		Becsült fázisarány (gáz/folyadék) **	$T_{\text{eut.}}$	$T_{\text{olv.}}$	Szalinitás (wt%)*
K3	1	1/7	- 20.6	- 0.8	1.40
	2	1/8	- 22.1	- 0.3	0.53
	3	1/6	- 22.3	- 0.6	1.05
	4	1/12	- 21.1	- 0.8	1.40
	5	1/12	- 19.9	- 1.2	2.07
	6	1/10	- 21.6	- 1.6	2.74
	7	1/15	- 23.7	- 1.2	2.07
K2	1	1/6	- 22.9	- 2.0	3.39
	2	1/7	- 22.1	- 2.0	3.39
	3	1/12	- 23.1	- 1.2	2.07
	4	1/10	- 23.0	- 1.6	2.74
	5	1/10	- 22.6	- 0.6	1.05
	6	1/8	- 21.8	- 0.4	0.70

* A szalinitás értékeket Bodnar (1993) módszere alapján határoztam meg feltételezve azt, hogy a vizsgált fluidumzárványok NaCl és H_2O komponensekből állnak.

** Az arányok becslése az egyes zárványok vetülete alapján történt.

A mikrotermometriai méréseink - homogenizációs hőmérséklet ($T_{\text{hom.}}$) (2. táblázat) és olvadási hőmérséklet ($T_{\text{olv.}}$) (3. táblázat) egyértelműen mutatják, hogy a fluidumzárványokban lévő oldatok tekintetében kis szalinitású sós oldatról beszélhetünk (maximális NaCl ~3,4 tömeg%), amelyhez tág homogenizációs hőmérséklet tartomány tartozik (99,2-178,2°C) (2. és 3. táblázat), ami utal a befogadó kalcit kristályosodó hőmérsékletére is.



6. ábra. Véletlenszerű eloszlású, primer, kétfázisú fluidumzárványok homogenizációja (K3, Pilisjászfalu). Polarizációs mikroszkópi képek (1N).

SEM-EDX vizsgálatok

A módszert a különböző kalcitminták összehasonlító vizsgálatára, a bennük lévő járulékos ásványok azonosítására, főleg összetételének meghatározására alkalmaztuk. A méréseket a Közettani és Geokémiai Tanszéken működő EDAX PV 9800 energiadiszperzív spektrométerrel felszerelt AMRAY 1830 I/T6 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal végeztük 20KeV gyorsító feszültséggel és 1-2 nA sugáráram mellett. A spektrumok mennyiségi kiértékelése a készülék standardmentes műszerprogramjával készült, amely magába foglalja a mátrix-hatást kiküszöbölő ZAF-korrekciót is.

A meglehetősen szórványosan elhelyezkedő, zömében néhány mikronos akcesszóriák eléggé időigényes felderítése visszaszórt elektronképek segítségével történt a karbonáttól eltérő kontrasztjuk alapján. A köves-völgyi anyag mellett a többi lelőhely mintegy 30 mintájának részletes vizsgálatára került sor. Az alábbiakban ismertetett járulékos ásványokat találtuk.

Fe-oxid/oxihidroxid(?)

A leggyakrabban előforduló akcesszória. A megfigyelt ásványok mérete 1-2 mikrontól az 50-60, vagy akár 100 mikronig terjed. Az apró szemcsék a kalcit kristályokon belül elszórtan, olykor a kalcit kristályok határán jelennek meg, de sokszor válnak ki repedések mentén is (7a-b. ábra). A nagyobb méretű Fe-oxid szemcsék gyakran pirit utáni pseudomorfózák, esetenként pirit relikttummal (8a. ábra), valamint bakteriopirit utáni átalakulási termékként, gömbös formában is megfigyelhetők.

A kisméretű Fe-gazdag szemcsék egy része Ni-tartalmú, néhány esetben Ni mellett Cu is kimutatható.

Fe-szulfid (pirit?)

A Fe-szulfid/pirit a minták szintén gyakori elegyrésze. Előfordulhat aprószemcsés (néhány μm -es) formában Fe-oxiddal együtt a kalcit szövetébe ágyazva hintésként, kalcit kristálylapjaihoz kötötten, vagy repedések mentén. Nagyobb méretű (10-40 μm -es) kristályai sokszor szép sajátalakot mutatnak. Néhány esetben jellegzetes bakteriopirit formák is megfigyelhetők (8b. ábra). A nagyobb méretű kristályok esetén sokszor jól látható a pirit részleges, vagy majdnem teljes átalakulása, amit szemléletesen demonstrálnak a Fe-oxid pirit relikttumai (8a. ábra).

Esetenként a Fe-szulfidban Ni is kimutatható a finomszemcsés kiválások egy részében, valamint néhány nagyobb Fe-oxid szemcse szulfid relikttumaiban (9. ábra).

Apatit

Gyakori, bár nem minden mintában található, a világosabb, vagy fehér kalcittelérek anyagában általában több figyelhető meg. Mérete változó, néhány (1-2) mikrontól 40 mikronig terjed. Szép, sajátalakú kristályai mellett másodlagos, szemcseközi megjelenésével is találkozhatunk. Sokszor figyelhető meg repedések mellett, repedéshálózat zónájában. Ezeken a helyeken apróbb kristályai fordulnak elő vas-szulfid és vas-oxid ásványokkal, vagy Ti-oxiddal, esetenként ilmenittel együtt (10. ábra).

A vizsgált apatit szemcsék összetétele változó, egy részük S-tartalmú, másik Cl-tartalmú, vannak S- és Cl-tartalmú, de S- és Cl-mentes kristályok is. Az egyes metszetek S- és Cl-tartalma változó lehet egy mintán belül, sőt a S-tartalom egy szemcsén belül is inhomogenitást mutat.

Ti-oxid, ilmenit

Viszonylag gyakori akcesszóriának számítanak. A Ti-oxid (rutil?) és az ilmenit apró szemcséi főként repedések mentén, „töredezett zónában” mutathatók ki. Néhány mikronnál nagyobb

méretben ritkán, csak egy-két mintában fordulnak elő. Figyelemre méltó az ilmenitben esetenként kimutatható Cr-tartalom (11. ábra).

Ritkaföldfém foszfátok

A monacit és xenotim gyakorisága a vizsgált mintacsoportok szerint eltérő. Legtöbb ritkaföldfém foszfátot a tatabányai és a köves-völgyi mintákban észleltünk. Monacitból általában több található, a szemcséinek mérete néhány mikrontól 18 mikronig terjed (12. ábra). A fenti két lelőhelyre jellemző, hogy a monacit U- és Th-tartalma esetenként jelentős. A vizsgált xenotimokban U-t és Th-t nem detektáltunk, a szemcsék mérettartománya a monacitéhoz hasonló.

Egyéb járulékos ásványok

A fentiekén kívül a mintákban még: cirkont (13. ábra), baritot, kalkopiritet, szfaleritet találtunk.

Az egyes lelőhelyekre jellemző akcesszória-előfordulás

A nagykovácsi minták kivételével – ahol a karbonát szövetében csak Fe-oxidot mutattunk ki - a vizsgált kalcitokban általában hasonló járulékos ásvány-együttessel találkozhatunk, bár ezek mennyiségükben, méretükben és arányukban a különböző lelőhelyeken többé-kevésbé eltérnek egymástól.

Mindszentpusztáról származó kalcitban kicsi szemcseméretű és kevés az akcesszória, de a főbb alkotók megtalálhatók, míg a vitányvári csiszolatok több, de szintén kisméretű járulékos ásványokkal rendelkeznek.

A csáki-vári anyagra jellemző a sok Cl-apatit (1-30 mikron) és ilmenit (néhány mikrontól 50 mikronig), míg a pilisjászfalui mintákra a Fe-szulfidok és Fe-oxidok helyenkénti Ni-tartalma, az ásványok és megjelenési formák sokfélesége.

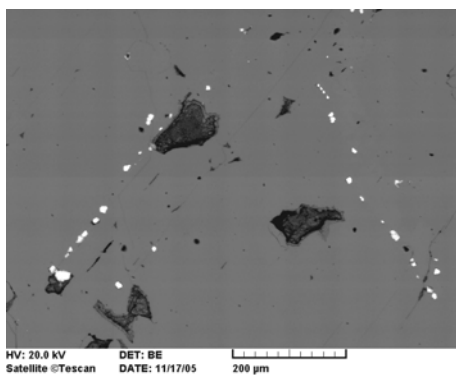
A tatabányai és köves-völgyi kalcitok ritkaföldfém-foszfát ásványaik gyakoriságával tűnnek ki, valamint a monacit egy részének Th- és U-tartalmával.

SEM-EDX vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

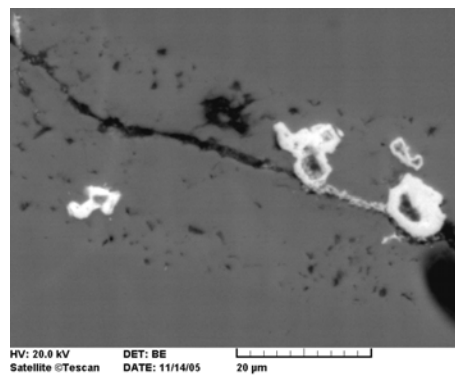
A vizsgált minták jelentős részében hasonló típusú akcesszóriák jelennek meg. Ezek közül számos ásványra jellemző a nagy keletkezési hőmérséklet, egy részük gyakori elegyrészként fordul elő magmás bázisos kőzetekben.

A zárványban gazdag zónák fő járulékos komponensei a Fe-szulfid és Fe-oxid, amelyek sokszor repedések mellett és a karbonát kristályok lapjai mentén váltak ki. Jelenlétük és megjelenési formájuk hidrotermális eredetre és S-tartalmú fluidumok részvételére utal.

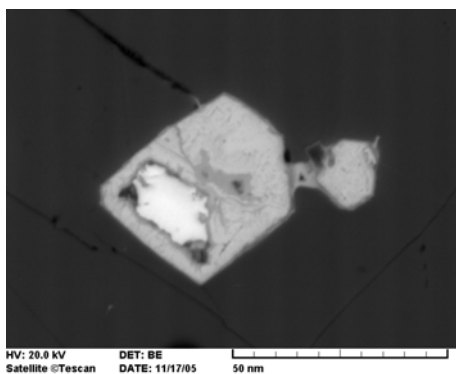
A szulfid-oxid mikrozónákban, repedéshálózat sávokban megfigyelt S-tartalmú apatit apró, lekerekített szemcséi szintén S-gazdag fluidumok jelenlétét jelezhetik. A sok apatitot tartalmazó fehér kalcit mintákban jól megfigyelhetők a apatit-változatok. Az ásvány kimutatott elemtartalma (S, Cl) egy mintán belül, sőt kéntartalma akár egy szemcsén belül is változhat. A Cl-apatit és S-tartalmú apatit képződése egy mikrokörnyezetben, vagy a klórt és kenet is tartalmazó változat megfigyelése a fluidumok időben is változó összetételét mutathatja.



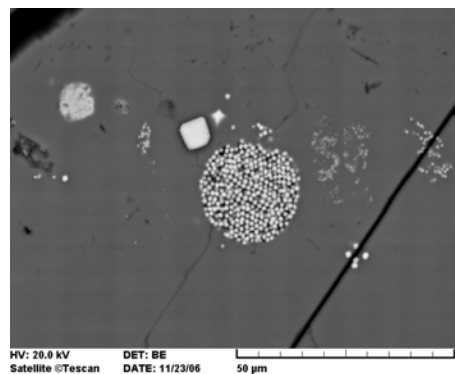
7a. ábra. Fe-szulfid és -oxid kiválás (fehér) a kalcit kristálylapja mentén



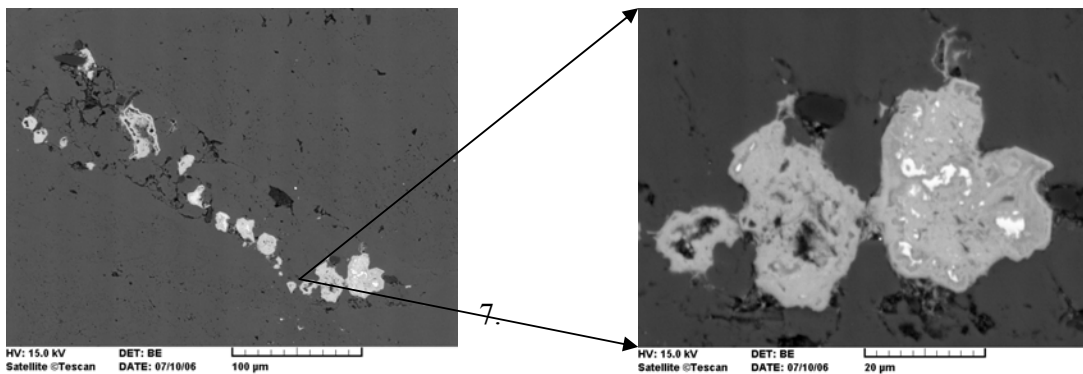
7b. ábra. Fe-szulfid és -oxid kiválás (fehér) repedés mentén



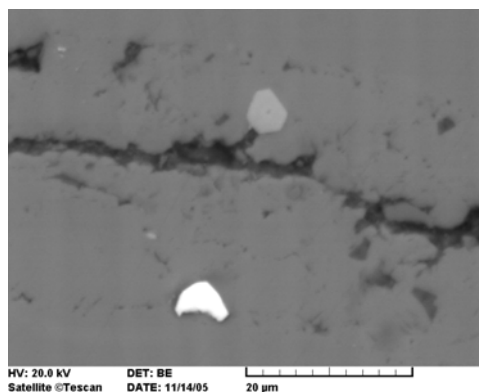
8a. ábra. Fe-szulfid (pirit) reliktként Fe-oxidban



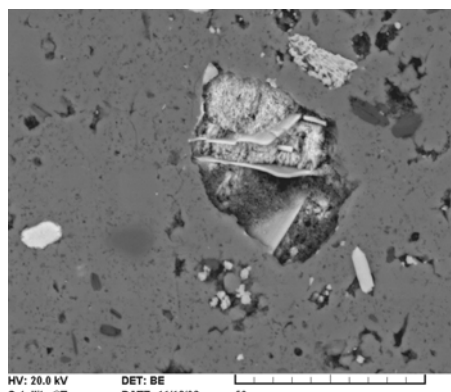
8b. ábra. Bakteriopirit



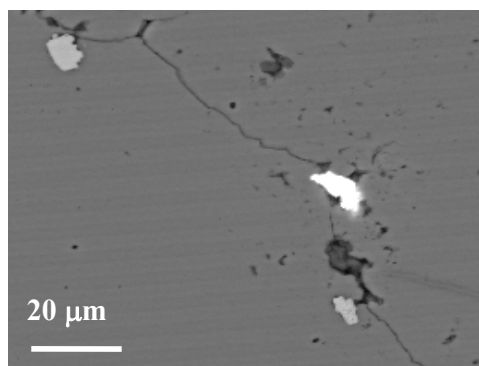
9. ábra. Fe-oxid szemcsék Ni-tartalmú Fe-szulfid reliktkumokkal repedés-hálózatban



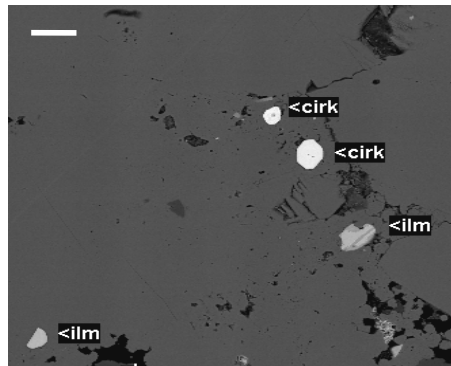
10. ábra. S-tartalmú apatit (szürke) és Fe(Ni)-szulfid (fehér) repedés mentén



11. ábra. Cr-tartalmú bontott ilmenit Ti-oxid lemezekkel, fent kisebb ilmenit, alul két Ti-oxid



12. ábra. Repedés mentén megjelenő két rutil (szürke) szemcse és egy Th/U-tartalmú monacit (fehér)



13. ábra. cirkon és ilmenit szemcsék a kalcit szövetében, marker jel: 5 µm

Stabilizotóp geokémiai vizsgálatok

A vizsgálatok az MTA Geokémiai Kutatóintézetében készültek Finnigan delta plus XP vivőgázás tömegspektrométerrel. A karbonátminták (0,05-0,2 mg) feltárása porítás után vízmentes H_3PO_4 -ban történt (McCrea, 1950).

Az izotópegyensúly elérése (2 óra) után került sor a karbonátból képződött széndioxid $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ értékének meghatározására NBS18, NBS19 nemzetközi és Carrara laborszterd alkalmazásával

Minden minta esetén két párhuzamos mérés történt. A 4. táblázatban szereplő adatok a hagyományos $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékekben, azaz a $\delta^{13}\text{C}$ esetén V-PDB-hez (Vienna Standard Pee Dee Belemnite), a $\delta^{18}\text{O}$ esetén pedig a V-SMOW-hez (Vienna Standard Mean Ocean Water) viszonyítva vannak megadva.

$$\delta = \frac{R_{\text{minta}} - R_{\text{szterd}}}{R_{\text{szterd}}} * 1000 \quad [\text{‰}],$$

ahol R a vizsgált ^{13}C és ^{12}C , ill. ^{18}O és ^{16}O aránya, ‰ értékben kifejezve. Az adatok reprodukálhatósága jobb, mint $\pm 0,2\text{‰}$.

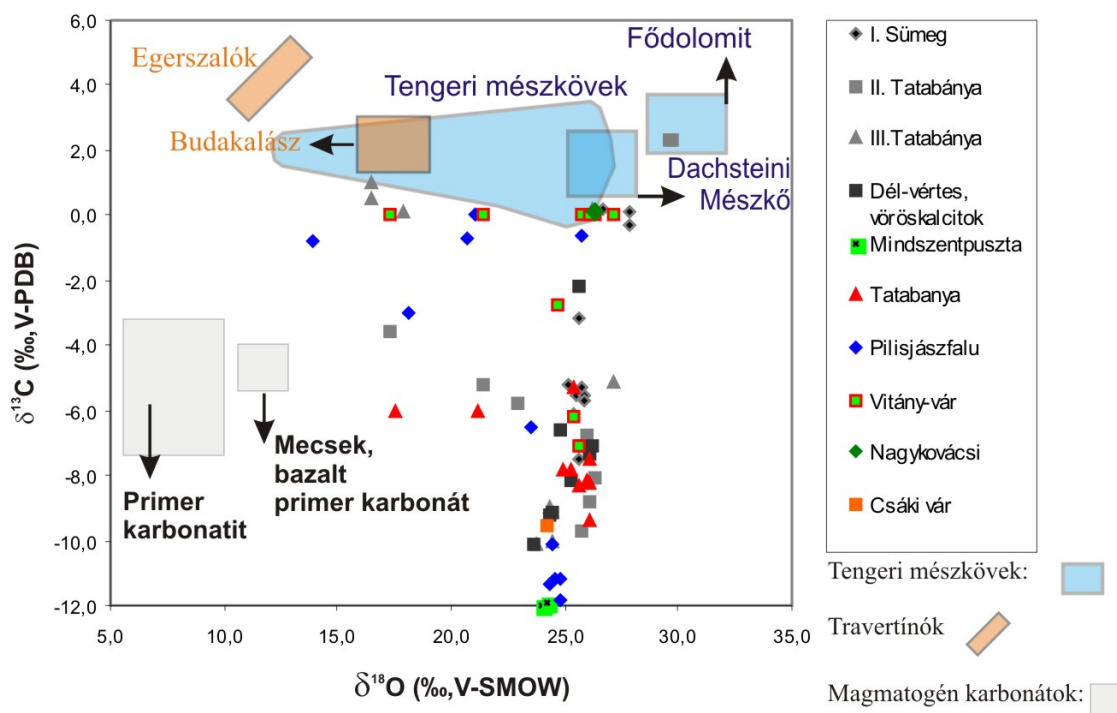
Stabilizotópos vizsgálatok eredményei

A vizsgált minták stabil oxigén- és szénizotópos összetételét a 4. táblázat tartalmazza.

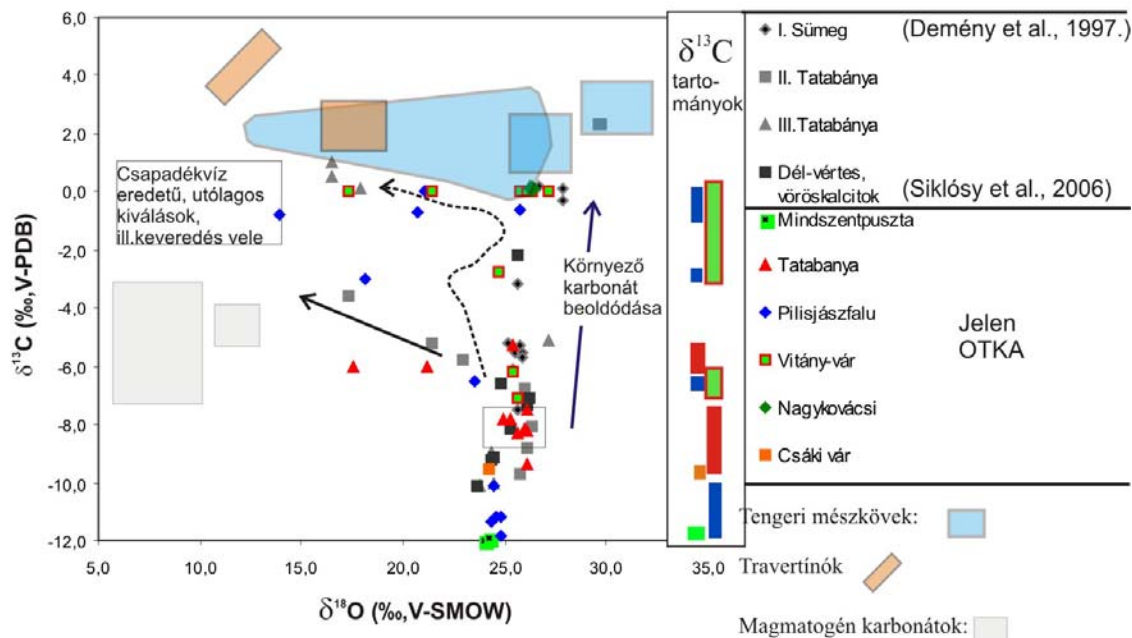
4. táblázat

sorszám	lelőhely	mintaszám	vizsgált kalcit övid jellemzése	$\delta^{18}\text{O}$ [‰] V-SMOW	$\delta^{13}\text{C}$ [‰] V-PDB
1	Pilisjászfalu	K5/b	Húsvörös kalcit zóna	24,45	-10,11
2	Pilisjászfalu	K6/a	Húsvörös kalcit	24,60	-11,16
3	Pilisjászfalu	K6/a	Víziszta kalcit ér	21,10	0,05
4	Pilisjászfalu	K9/a	Húsvörös kalcit	23,48	-6,52
5	Pilisjászfalu	K9/a	Halványvörös, kissé áttetsző kalcit	24,76	-11,80
6	Pilisjászfalu	K11	Kristályos kalcit	13,87	-0,78
7	Pilisjászfalu	K11	Dolomit	25,71	-0,63
8	Pilisjászfalu	K14	Sötét kalcit	20,73	-0,75
9	Tatabánya	K16	Sötétvörös kalcit	26,06	-9,42
10	Tatabánya	K16	Halványpiros kalcit	26,13	-8,20
11	Tatabánya	K17	Durvakristályos, sötétvörös kalcit	25,35	-5,27
12	Csáki vár	K20	Fehér, durvakristályos kalcit	24,20	-9,57
13	Nagykovácsi	K22	Halványvörös, zónás kalcit	26,39	0,09
14	Mindszentpuszta	K23	Sötétvörös, kristályos kalcit	23,98	-12,01
15	Mindszentpuszta	K23	Fehér, kristályos kalcit zóna	24,25	-11,89
16	Tatabánya	K27	Vörös kalcit, vastag zóna	26,07	-7,53
17	Tatabánya	K27	Vékony fehér kalcit ér	21,18	-6,03
18	Vitány-var	V01	Sötétvörös, mikrokristályos kalcit	25,42	-6,19
19	Vitány-vár	V01	Vörös, breccsás kalcit	25,64	-7,13
20	Pilisjászfalu	K4	Húsvörös, durvakristályos kalcit	24,75	-11,21
21	Pilisjászfalu	K4	Halványvörös, durvakristályos kalcit	24,37	-11,33
22	Tatabánya	K26	Világos, fehér kalcit	24,91	-7,79
23	Tatabánya	K26	Húsvörös, sávós kalcit	25,65	-8,34
24	Tatabánya	K26	Halványvörös kalcit zóna	25,31	-7,80
25	Tatabánya	K26	Breccsás kalcit	25,96	-8,15
26	Vitány vár	V03	Fehér, kristályos kalcit	24,74	-2,71
27	Tatabánya	K25	Durvakristályos pátos, fehér kalcit	17,57	-5,99
28	Pilisjászfalu	K11	Dolomit	18,08	-2,97

A 4. táblázatban bemutatott mérési eredményeket összevetettük a budakalászi és az egeszalóki édesvízi mészkő kiválások karbonátján (Kele et al., 2003, 2008 in press), a korábban leírt vörös kalcittelérek (Demény et al., 1997, Siklósy et al., 2006), a vizsgált képződményeket környező üledékes kőzeteken mért izotóparányokkal (Haas & Demény, 2002), valamint magmás eredetű primer karbonátok adataival (Taylor et al. 1967, Demény & Harangi 1996) (14a. ábra). A vörös kalcit telérek adatainak zöme jól körülhatárolható területre esik. A $\delta^{13}\text{C}$ értékeit tekintve a vörös kalcit telérek mért adatok $-12,01\text{‰}$ -tól $0,09\text{‰}$ -ig változnak (átlag $=-6,83\text{‰}$; $n=28$ mintaszám), a $\delta^{18}\text{O}$ -értékek $13,2\text{‰}$ -tól $26,39\text{‰}$ -ig terjedő tartományba esnek (átlag $=23,74\text{‰}$, $n=28$). Ezek az adatok jól átfednek Siklósy et al. (2006) által a Dél-Vértes hasonló képződményein mért adatokkal (azok $\delta^{13}\text{C}$ értéke $-10,6\text{‰}$ -tól $-2,2\text{‰}$ -ig, átlag $=-8,5\text{‰}$, $n=41$; míg a $\delta^{18}\text{O}$ -értéke $23,2\text{‰}$ -tól $26,2\text{‰}$ -ig terjed, átlag $=24,6\text{‰}$, $n=41$).



14a. ábra. A tanulmányozott kalcit előfordulások és különböző képződmények (édesvízi és tengeri mészkő, magmás karbonátok) szén és oxigén stabilizotóp összetétele



14b. ábra. A tanulmányozott kalcit előfordulások és különböző képződmények (édesvízi és tengeri mészkő, magmás karbonátok) szén és oxigén stabilizotóp összetétele és a felismert keveredési trendek

A primer, húsvörös, utólagos átalakulást nem szenvedett, illetve a környező üledékes kőzetekkel kölcsönhatásba nem került vörös kalcit telérek szén- és oxigénizotóp arányait tekintve azonos tartományba esnek (14b. ábra), $\delta^{13}\text{C}$ értékeiket tekintve más, magmás eredetű karbonátokkal mutatnak hasonló értéket (14a. ábra). A vörös kalcitokat harántoló víztiszta kalcitereken összehasonlító stabilizotóp-geokémiai vizsgálatokat végeztünk, hogy az esetlegesen eltérő generációjú fluidumok elkülöníthetővé váljanak, illetve a keveredési-beoldódási folyamatokat nyomon lehessen követni. Megállapítható, hogy a fehér, ill. áttetsző durvakristályos kalciterek karbonátján mért oxigénizotóp-értékek negatív, míg azok szénizotóp-értéke pozitív irányú eltolódást mutat (pl. K11, K25, K27, K14, K/6a minta megfelelő zónái).

LA-ICP-MS vizsgálatok

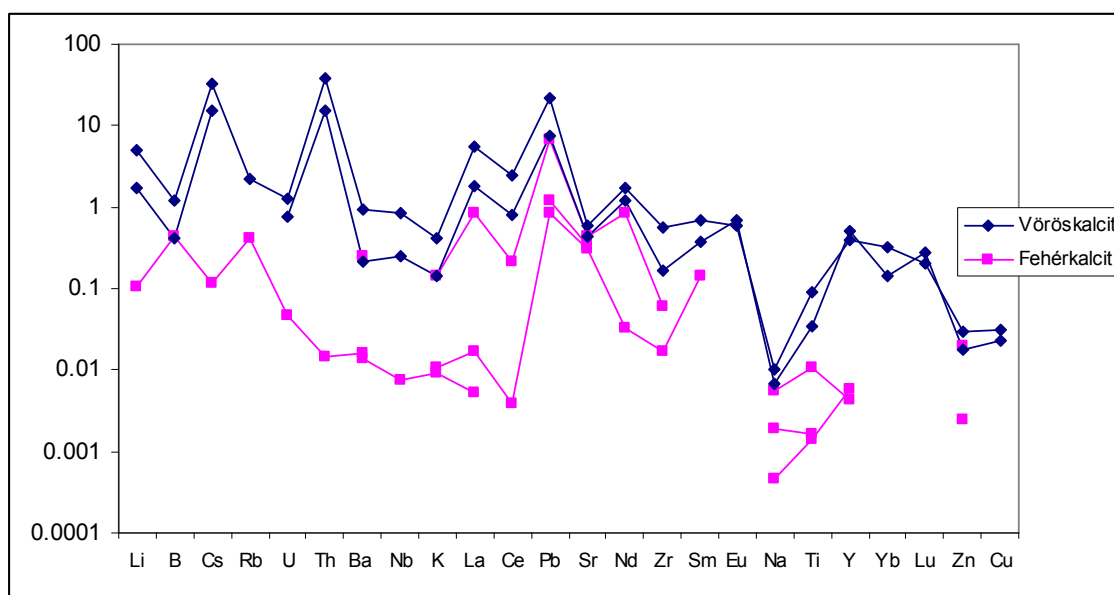
A tanulmányozott kalcitok és a fluidumzárványok nyomelem-összetételét lézerablációs-ICP-MS elemzésekkel határoztuk meg. A lézerablációs mérősortozatot a K9-es mintán Robert J. Bodnar professzor fluidumzárvány laboratóriumában végeztük el a Virginia Tech-en (Department of Geosciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA). Az induktív csatolású Agilent 7500ce típusú oktopól (ORS) spektrométer GeoLas típusú lézerablációs rendszerrel van felszerelve. A gerjesztő lézer a 193 nm hullámhosszú ArF volt. A spektrométer 1500 W árammal, 103 Pascal-os vákummal dolgozott 1,2 L/min vivőgáz-áramlás mellett.

A bezáró kalcitból érkező jelek rögzítése minden esetben 60 mikronos lézersugár-átmérővel történt. A fluidumzárványok esetében ez az érték - természetesen a fluidumzárvány méretétől függően - 20-100 mikron közötti mérettartományban mozgott. Az ismétlési idő (dwell time) 0,01s, az ismétlési ráta 5 Hz, a kimenő energia 150mV volt. Külső standardként NIST 601 használatára került sor. Belső standard a kalcitok esetében annak CaO tömeg%-os értéke (56), a fluidumzárványok esetében kézenfekvő megoldásnak látszik annak mikrotermometriával megbecsült NaCl koncentrációja (tömeg%), azonban a kvantifikálás egyenlőre nagy

bizonytalanságot mutat. Ennek megfelelően a jövőben a fluidumzárványok LA-ICP-MS jeleinek kiértékelésére, annak pontosítására törekszünk, ami egy úttörő munka lenne. A kalcit- adatok kiértékelése az AMS nevű szoftver segítségével történt.

LA-ICP-MS eredmények

Egyértelmű különbség mutatkozik a vörös és a fehér kalcitsávok közötti primitív köpenyre normált (Sun és McDonough, 1989) nyomelem-spektrumokban. A vörös kalcit jelentős dúsulást mutat inkompatibilis LILE elemekben (Li, Cs, Rb, K, Na), Th-ban, ritkaföldfémekben és Ti-ban a fehérekalcitokhoz képest (15. ábra) sugallván, hogy a vörös kalcitok olyan fluidumból váltak ki, ahol egy korábbi magmás keveredés nagyobb szerepet kaphatott, mint ugyanez a fehér kalcitok esetében. Ez összhangban van a stabilizotópos eredményeinkkel, ahol - ellentétben a fehér kalcitokkal - a vörös kalcitok a inkább magmás rezervoár $\delta^{13}\text{C}$ tartományához esnek közelebb (14b. ábra).



15. ábra. Primitív köpenyre normált (Sun and McDonough, 1989), reprezentatív nyomelemspektrumok a K9-es minta fehér és vörös kalcitsávjaiból.

Összefoglalás

A Dunántúli-középhegységben számos helyen felfedezett vöröskalcit előfordulások genetikájának további tisztázásához járult hozzá a Vértesben található, jól kifejtett édesvízi mészkőkúp és 6 további kalcit kibukkanás közettani és geokémiai vizsgálata. A karbonátos kőzet tipusos travertinó szövettel rendelkezik, jellemző akcesszóriái: cirkon, monacit és xenotim, amelyek mélységi fluidumokhoz köthetők. A mintákban mért $\delta^{18}\text{O}$ és $\delta^{13}\text{C}$ értékek (24,5‰ és -8,5‰ 50 minta átlagából) és a mérések izotóp-tartománya arra utal, hogy a magmás eredetű CO_2 -nak fontos szerepe volt a karbonát keletkezésében.

Összehasonlító anyagként további vörös kalcit telérek és kalcit előfordulások (Pilisjászfalu, Keselő-hegy, Mindszentpuszta, Csáki-vár és Nagykovácsi) vizsgálatára került sor. A kalcit minták szöveti jellege hasonló, járulékos ásványaik a következők: Fe-oxid, Fe-szulfid, szfalerit, rutil, ilmenit, cirkon, apatit, monacit, xenotim és csillám. A stabilizotóp-geokémiai mérések összhangban vannak a már előzőleg vizsgált minták adataival és a könyvészi ismeretekkel. A fluidumzárványok kis szalinitásúak (max. 3.4 wt% NaCl ekv.) és homogenizációs hőmérsékletük viszonylag kicsi (100-180 °C). Előzetes irodalmi adatok, valamint közettani és geokémiai vizsgálataink (SEM+EDX, stabilizotóp-geokémia,

mikrotermometria) alapján a vizsgált karbonát előfordulások hidrotermás rendszerekhez köthetők, amelyek az esetek többségében kapcsolatba hozhatók a terület lamprofiros magmatizmusával.

Summary

In this work we present the results of our study on coarse-grained red calcite veins from Pilisjászfalu, Tatabánya (Keselő-hegy), Nagykovácsi and Mindszentpuszta (Transdanubian Central Range, Hungary) occurring in Mesozoic carbonates. Previous papers suggest that such calcite veins can have genetic relationship to late Cretaceous lamprophyre dikes known from the region. Petrographic and geochemical studies of a well developed travertine cone and six calcite vein occurrences (in Vértes Mts.) were carried out to help further clearing up the formation of the widely spread red calcite occurrences. The calcite veins are widely spread, their thickness is up to 3 m in diameter and they all show similar textural features. The majority of the grains is zoned and sometimes calcites show eroded surface. Generally, the calcite contains plenty of relatively large (up to 25 microns), primary, at room temperature two-phased aqueous fluid inclusions and enclosed accessory, mostly, opaque crystals. The entrainment of fluid inclusions frequently happened along growth zones in the host calcites. The solid inclusions occur close to or along grain boundaries, growth zones of calcites and seems to develop along the cracks. Scanning electron microscope, coupled with an EDAX system, was used to analyze the solid inclusions of the host calcite. Most frequently Fe-oxide, Fe- sulfide, sphalerite, Ti-oxide, FeTi-oxide, zircon, apatite (>1 wt% sulfur), monazite, xenotime and mica were determined.

Microthermometric measurement shows that the fluid in the fluid inclusions has low salinity (max. 3.4 wt% NaCl eq.) and the inclusions homogenized a range between 100-180 °C.

The carbonate investigated has a typical travertine texture, the characteristic accessory minerals: zircon, monacite, and xenotime can be related to deep-derived fluids. The measured $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values (24.5 ‰ and -8.5‰ respectively as average of 50 samples) and the isotopic range of the samples studied indicates that magmatic CO_2 played an important role during the carbonate formation. The stable isotopic measurements are in agreement with the previously studied calcite dikes.

Based on previous and our petrography and geochemical measurements (SEM+EDX, stable isotope studies and microthermometry), the studied carbonate occurrences were originated from a hydrothermal system and in most of cases the magmatic fluids may be associated with lamprophyre dikes recognized in the area.

Irodalomjegyzék

Azbej, T., Szabó, Cs., Bodnar, R. J. és Dobosi, G. (2006): Genesis of carbonate aggregates in lamprophyres from the northeastern Transdanubian Central Range, Hungary: Magmatic or hydrothermal origin? *Mineral. Petrol.* 88, 479-497.

Bodnar, R. J. (1993): Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O -NaCl solutions. *Geochimica and Cosmochimica Acta* 57, 683-684.

Demény, A., Fórizs, I. & Molnár, F. (1994): Stable isotope and chemical compositions of carbonate ocelli and veins in Mesozoic lamprophyres of Hungary. *Eur. J. Mineral.* 6, 679-690.

Demény, A., Gatter, I. és Kázmér, M. (1997): The genesis of mesozoic red calcite dykes of the Transdanubian Range (Hungary): fluid inclusion thermometry and stable isotope compositions. *Geologica Carpathica* 48, 5, 315-323.

Demény, A., Harangi, Sz. (1996): Stable isotope studies on carbonate formations in alkaline basalt and lamprophyre series: evolution of magmatic fluids and magma-sediment interactions. *Lithos* 37, 335-349.

Gatter I. (1984): A karbonátos kőzetek érkitöltéseinek és a barlangok hévizes kiválásainak folyadékszárvány-vizsgálata. *Karszt és Barlang* 1984/1, 9-18.

Haas, J., Demény, A. (2002): Early dolomitization of Late Triassic platform carbonates in the Transdanubian Range (Hungary). *Sedimentary Geology*, 151, 225-242.

Horváth I., Daridáné T. M. és Ódor L. (1983): Magnezittartalmú dolomitos karbonatit (beforsit) telérkőzet a Velencei-hegységből. *Földt. Int. Évi Jel.* 1981-ről: 41-44.

Horváth, I. és Ódor, L. (1984): Alkaline ultrabasic rocks associated silico carbonatites in the NE parth of the Transdanubian Mts. (Hungary). *Min. Slov.* 16, 115-119.

Kele, S., Vaselli, O., Szabó, Cs., Minissale, A. (2003): Stable isotope geochemistry of Pleistocene travertine from Budakalász (Buda Mts., Hungary). *Acta Geologica Hungarica* Vol. 46, 161-175.

Kele, S., Demény, A., Siklósy, Z., Németh, Tóth M., B. Kovács, M.: Chemical and stable isotope compositions of recent hot-water travertines and associated thermal waters, from Egerszalók, Hungary: depositional facies and non-equilibrium fractionations. - *Sedimentary Geology* (revised paper)

Kercsmár Zs. (2004): A tatabányai vöröskalcittelérek szerkezetföldtani jelentősége. *MÁFI évi jelentés* 2002, 163-164.

Kercsmár Zs. (2005): A pilisjászfalui Kis Somlyó-hegy kalcitteléreinek előzetes szerkezetföldtani elemzése – kézirat, T 21352 sz. adattári jelentés, MÁFI adattár

Korpás L. (2000): A Budai-hegység felépítése és kialakulása – in Korpás L. & Kósa A. (szerk): Budapest, a barlangok fővárosa. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 7-16.

Kubovics, I., Szabó, Cs. és Gálné-Solymos, K. (1989): A new occurrence of lamprophyre in the Buda Mountains, Hungary. *Acta Geol.Hung.* 32, 149-168.

McCrea, J. M. (1950): On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemical Physics* 18, 849-857.

Peregi Zs. és Korpás L. (2002): Felső-kréta (?) forráskúpok a Vértes hegységben, *Földtani Közlöny* 132/3-4, 477-480.

Roedder, E. (1984): Fluid Inclusions. *Reviews in mineralogy* (eds. P. H. Ribbe). Mineralogical Society of America, vol 12. 646 p.

Siklósy Z., Demény A., Szabó Cs., Korpás L. és Gálné Sólymos K. (2006): A vértesi felsőkréta (?) édesvízi mészkő és vöröskalcit előfordulások petrográfiai és geokémiai vizsgálata. *Földtani Közlöny* 136, 369-398

Siklósy Z. (2003): Dél-Vértesi vörös kalcitok petrográfiai, geokémiai és izotópgeokémiai vizsgálata. *ELTE, TTK, Kőzettani és Geokémiai Tanszék, diplomadolgozat*, pp. 92.

Sun, S. S. and McDonough, W. F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In *Magmatism in the ocean basins* (Eds. Saunders A. D. and Norry M. J.). Geological Society of London, London, pp.313-345.

Szabó Cs. (1984): Az Alcsútdoboz 2. (Ad.2.sz.) fúrással harántolt alkálibázit zárványainak ásvány-kőzettani és geokémiai vizsgálata, eredete, genetikai jelentősége. Egyetemi doktori disszertáció. ELTE, Budapest.

Szabó, Cs. (1993): Alkaline lamprophyre and related dyke rocks in NE Transdanubia, Hungary: The Alcsútdoboz-2 (Ad-2) borehole. *Mineral. Petrol.* 47, 127-148.

Szabó, Cs., Kubovics, I. és Molnár, Zs. (1993): Alkaline lamprophyre and related dyke rocks in NE Transdanubia, Hungary: The Alcsútdoboz-2 (AD-2) borehole. *Mineralogy and Petrology* 47, 127-148.

Taylor, H. P., Fechechen, J. & Degens, E. T. (1967): Oxygen and carbon isotope studies of carbonatites from Laacher See District, West Germany and Alno District, Sweden. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 31, 407-430.

Van den Kerkhof, M. A. and Hei, (2001): Fluid inclusion petrography. *Lithos* 55, 27-47.